

7. Ottobre

Gemelli virtuali

*Sto seguendo un caso interessante.
Ho in analisi due coppie di gemelli
che soffrono di sdoppiamento della personalità.
Vengo pagato da otto persone.
Woody Allen*



La crescente tendenza alla digitalizzazione consente grandi progressi tecnologici in ogni settore. Ciò è stato promosso dal

Internet of Things (IoT)

un concetto che coinvolge l'interconnessione di sistemi fisici utilizzando sensori intelligenti in grado di scambiare informazioni tra loro

Liu M. et al Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications. J. Manuf. Syst. 2021;58:346–361.

L'Internet of Things (IoT) descrive la rete di oggetti fisici, ossia le **"things"**, che hanno sensori, software e altre tecnologie integrate allo scopo di connettere e scambiare dati con altri dispositivi e sistemi su Internet. Questi dispositivi vanno dai normali oggetti domestici ai sofisticati strumenti industriali. Con oltre 7 miliardi di dispositivi IoT connessi oggi, gli esperti si aspettano che questo numero cresca a 10 miliardi entro il 2020 e 22 miliardi entro il 2025

Il monitoraggio degli **asset IoT** offre diversi vantaggi al settore sanitario.

I medici, gli infermieri e gli ordini spesso devono conoscere l'esatta posizione delle risorse di assistenza al paziente come le sedie a rotelle.

Quando le sedie a rotelle di un ospedale sono dotate di **sensori IoT**, possono essere tracciate dall'applicazione di monitoraggio degli **asset IoT** in modo che chiunque ne cerchi una possa trovare rapidamente la sedia a rotelle più vicina disponibile. Molte asset ospedalieri possono essere tracciati in questo modo per garantirne un uso corretto e la contabilità finanziaria per gli asset fisici in ogni reparto

Ciò si traduce in un ecosistema di dispositivi intelligenti che esiste come entità collettiva. Con il passaggio alla digitalizzazione arriva un crescente interesse nella modellazione digitale di oggetti fisici sfruttando le capacità dei dispositivi intelligenti

I gemelli digitali sono un'estensione della modellazione digitale che ha prodotto grandi impatti negli ultimi tempi in più settori

Viceconti M et al Position paper From the digital twins in healthcare to the Virtual Human Twin: a moon-shot project for digital health research. IEEE J Biomed Health Inform. 2023 Oct 11;PP.

I gemelli digitali hanno consentito una maggiore connessione tra gli ambienti fisici e digitali consentendo a entrambi di influenzarsi a vicenda. Il gemello digitale viene creato e aggiornato dalla sua controparte fisica, che può quindi a sua volta essere utilizzata per modificare e migliorare l'oggetto fisico di interesse

Madni A.M., Madni C.C., Lucero S.D. Leveraging digital twin technology in model-based systems engineering. Systems. 2019;7:7.

I gemelli digitali sono un metodo relativamente nuovo per creare modelli avanzati che sfruttano le capacità fornite dall'IoT. I gemelli digitali sono un modello digitale creato sulla base di un'entità fisica che può essere utilizzato per simulazioni per prevedere i risultati della sua controparte *nella vita reale*. Questi modelli digitali vengono creati utilizzando dati raccolti dai sensori e inseriti manualmente per catturare accuratamente le caratteristiche e le proprietà del soggetto desiderato. Ciò che distingue la tecnologia dei gemelli digitali dagli altri modelli è la loro capacità di aggiornarsi in tempo reale in base ai dati dei sensori delle loro controparti fisiche

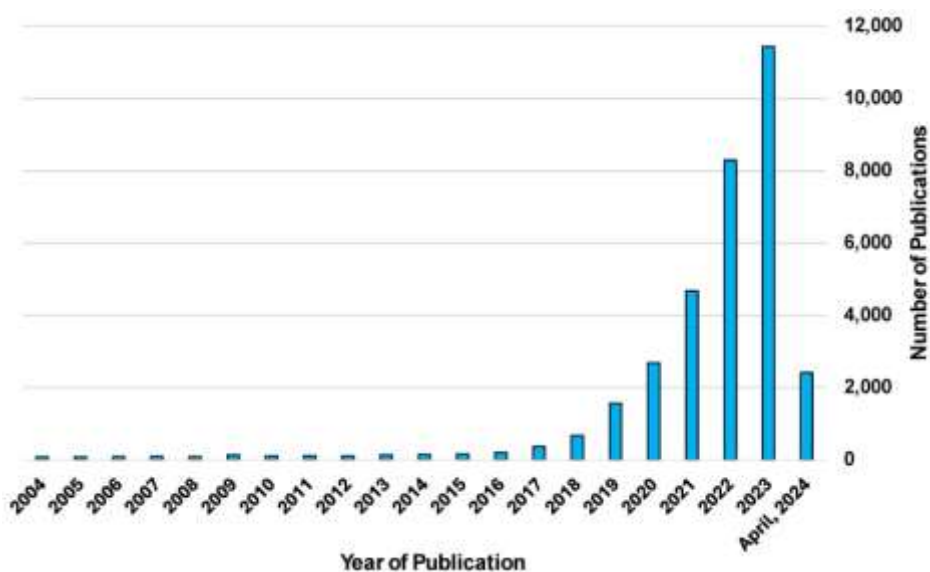
Wang B et al. Human Digital Twin in the context of Industry 5.0. Robot. Comput. Integr. Manuf. 2024;85:102626.

Ciò consente al modello di cambiare ed evolversi insieme alla sua controparte fisica. Questa è una qualità particolarmente utile per studiare sistemi dinamici, come la progressione del trattamento dei pazienti medici.

Hassani H. et al. Impactful Digital Twin in the Healthcare Revolution. Big Data Cogn. Comput. 2022;6:83.

Questo modello può quindi essere utilizzato insieme ad algoritmi di intelligenza artificiale e apprendimento automatico per eseguire simulazioni con un elevato grado di precisione che potrebbero essere troppo costose o pericolose da eseguire sul modello

La tabella che segue riporta il notevole aumento delle pubblicazioni a partire dall'inizio degli anni 2020 relative a digital twin.



Attualmente, la sfida più grande nella generazione di gemelli digitali dettagliati è **la potenza di calcolo** e la **disponibilità di sensori** in grado di raccogliere simultaneamente dati dagli esseri umani.

Il corpo umano è una *raccolta di sistemi dinamici* che dipendono l'uno dall'altro. Di conseguenza, la modellazione accurata di un corpo umano richiede una grande quantità di *sensori intelligenti* e un generoso aiuto da parte dell'intelligenza artificiale.

Nel caso dei **sensori indossabili**, poiché vengono analizzati più sistemi del corpo umano, sono necessari più sensori. La maggior parte dei sensori indossabili svolge una funzione specifica, quindi sarebbero necessari molti sensori diversi in base a quanto dettagliato sarebbe il modello desiderato.

Questo può diventare scomodo da indossare per il soggetto, soprattutto per periodi di tempo più lunghi. Tuttavia, se venissero sviluppati nuovi dispositivi indossabili in grado di catturare una più ampia varietà di dati pur rimanendo compatti, i gemelli digitali umani potrebbero diventare più fattibili.

Sono necessarie ulteriori ricerche per generare un gemello digitale del corpo umano.

Il corpo umano è composto da *molti sistemi dinamici*, che interagiscono tra loro. Il tentativo di modellare ogni sistema in modo indipendente potrebbe omettere dati essenziali per il benessere generale. Inoltre, i progressi nella tecnologia dei sensori indossabili potrebbero fornire l'acquisizione di *dati affidabili* per generare un gemello digitale umano dettagliato.

L'integrazione dei gemelli digitali nell'assistenza sanitaria ha i suoi punti di forza, ma restano delle sfide. Alcune barriere note sono *la ricerca insufficiente*, *il costo delle apparecchiature*, dei *sensori indossabili* e delle *tecnologie correlate*, l'accesso a Internet e la garanzia della privacy e della riservatezza.

A seconda delle circostanze del paziente, potrebbe non essere sempre possibile raccogliere dati con dispositivi indossabili per lunghi periodi di tempo. Per sfruttare questa tecnologia, è importante essere in grado di ospitare i pazienti con le apparecchiature necessarie di cui hanno bisogno per raccogliere dati ogni volta che è conveniente per loro.

I gemelli digitali nell'assistenza sanitaria possono anche portare a maggiori vulnerabilità nei dati del paziente.

Pertanto, la sicurezza è della massima importanza quando si utilizzano i gemelli digitali. L'utilizzo di dispositivi indossabili per creare gemelli digitali consente una grande comodità nel trattamento dei pazienti poiché i piani di cura possono essere somministrati da remoto. Sebbene ciò comporti molti vantaggi, apre anche la sfortunata possibilità di attività fraudolente, un problema che sta emergendo con il crescente passaggio alla digitalizzazione.

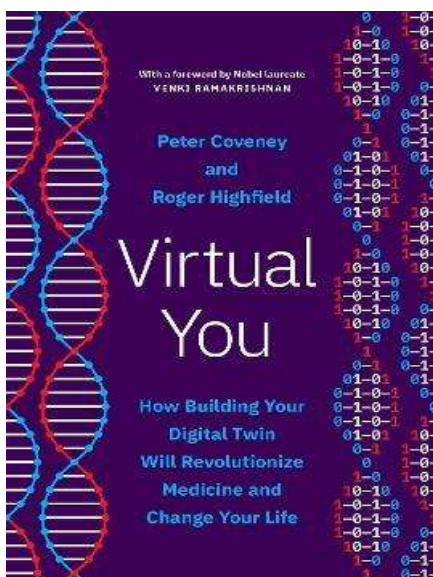
Di conseguenza, è anche importante confermare sempre l'identità del paziente da remoto e sottoponendosi a controlli di persona di routine, oltre a mantenere il gemello digitale. Inoltre, avere un metodo di verifica appropriato per quando i dati vengono consultati dal paziente o dal professionista sanitario è necessario per garantire la riservatezza.

I gemelli digitali hanno un grande potenziale per rivoluzionare il settore sanitario. Non solo possono fornire una visione olistica dei pazienti, ma forniscono anche accesso a molti di coloro che si trovano in aree rurali, compresi quelli economicamente svantaggiati.

I progressi nei sensori intelligenti porteranno a dati di migliore qualità da cui costruire il gemello digitale, portando a set di dati più accurati. Allo stesso modo, i progressi nell'intelligenza artificiale e nell'apprendimento automatico daranno luogo a modelli competenti e robusti che possono migliorare l'assistenza sanitaria del paziente.



Mentre nel numero di Science di questa settimana **Peter Coveney e Roger Highfield** discutono del futuro dei "gemelli digitali" voglio segnalarvi il loro accattivante



un resoconto panoramico degli sforzi compiuti dagli scienziati di tutto il mondo per costruire gemelli digitali di esseri umani, da cellule e tessuti a organi e corpi interi.

Queste copie virtuali inaugureranno una nuova era di medicina personalizzata, in cui il tuo gemello digitale può aiutarti a prevedere il tuo rischio di malattia, partecipare a sperimentazioni virtuali di farmaci, far luce sui cambiamenti di dieta e stile di vita più adatti a te e aiutarti a identificare terapie per migliorare il tuo benessere e prolungare la tua durata di vita, ma restano sfide spinose.

In questo libro profondamente illuminante, **Peter Coveney e Roger Highfield** rivelano cosa ci vorrà per costruire una copia virtuale e funzionale di una persona in cinque passaggi.

Lungo il percorso, ti portano in un fantastico viaggio attraverso la complessità del corpo umano, descrivendo gli ultimi progressi scientifici e tecnologici, dalla modellazione multiscala a

straordinarie nuove forme di elaborazione, che renderanno il "tu virtuale" una realtà, considerando anche le questioni etiche inerenti alla realizzazione di una medicina veramente predittiva.

Virtual You è la scienza nella sua forma più sorprendente, mostrando come i nostri gemelli virtuali e persino intere popolazioni di esseri umani virtuali promettono di trasformare la nostra salute e le nostre vite nei prossimi decenni.

